Die drahtlose Telegraphie.

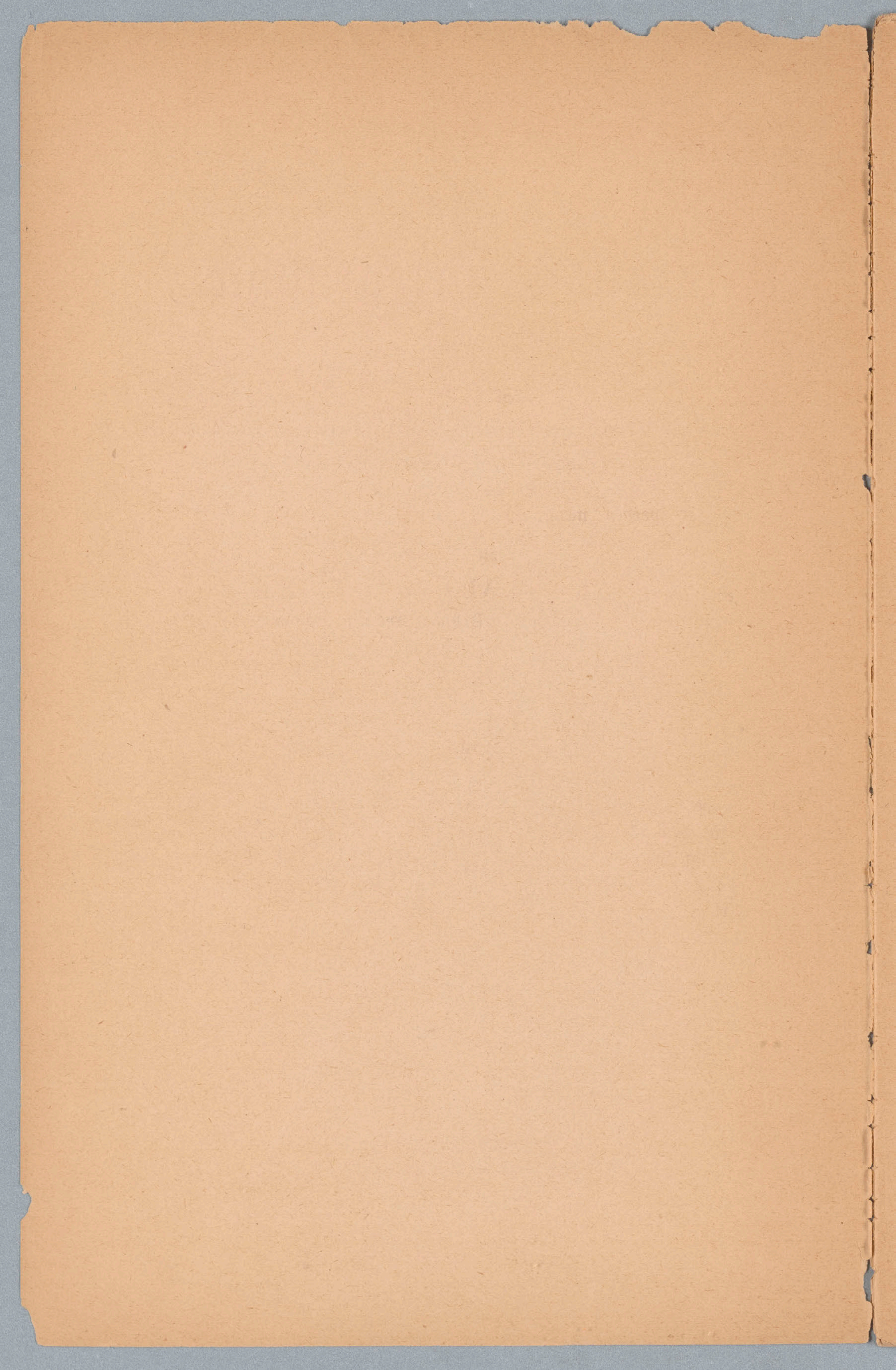
Für Bürger- und Volksschulen an einfachen Apparaten vorgeführt.

Von
Richard Adamek,
Lehrer in Dresden.

Mit 13 Abbildungen im Text.

Preis 40 Pf.

Breslau.
Verlag von Franz Goerlich.

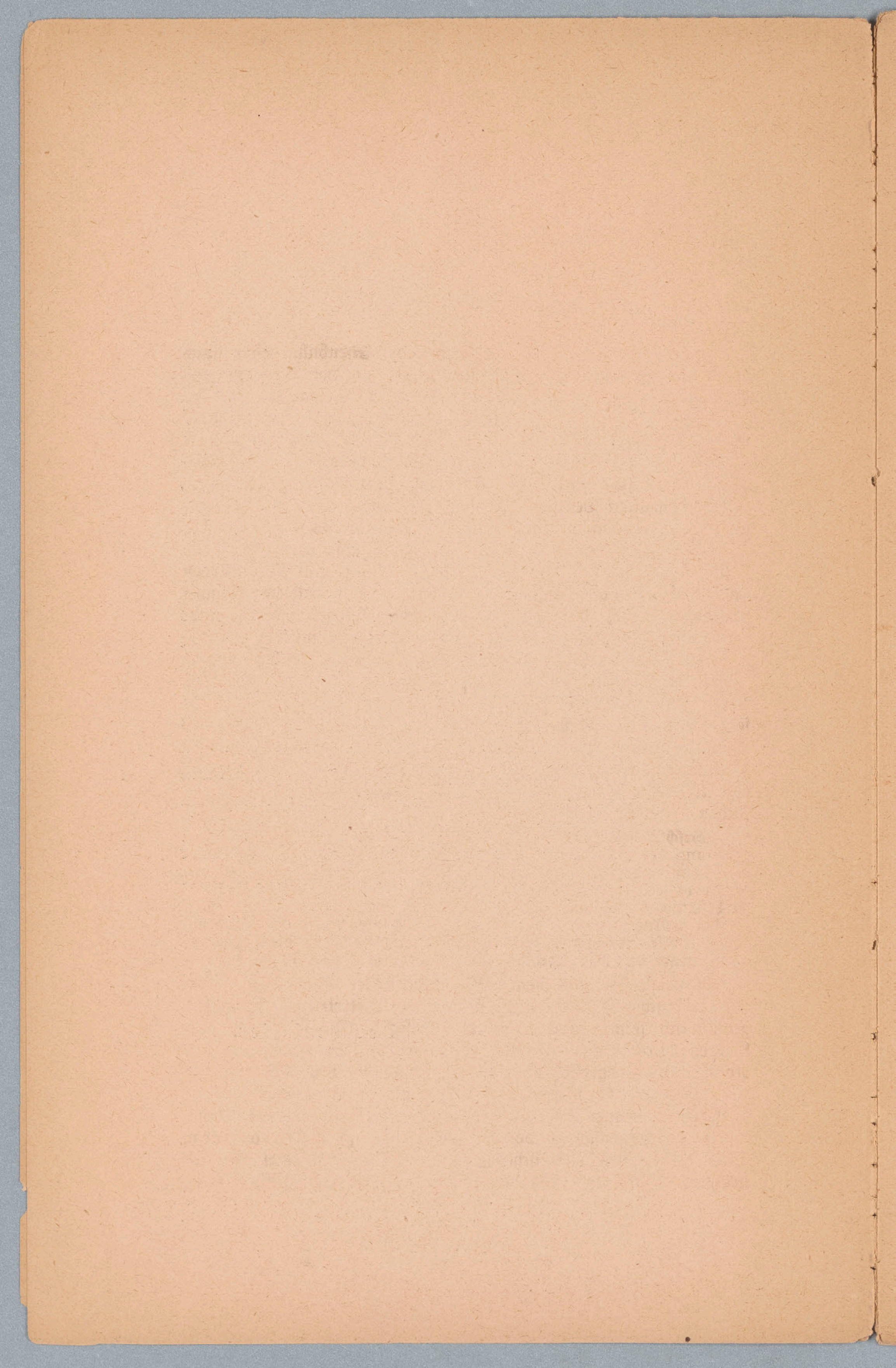


Vorbemerkung.

Der neubearbeitete Lehrplan für die Dresdner Bürger- und Volksschulen schreibt für diese Schulen die Behandlung der Telegraphie ohne Draht vor. Auch an anderen Orten wird man in den Volksschulen eine Besprechung der Funkentelegraphie wegen ihrer großen wirtschaftlichen Bedeutung vornehmen, und es werden mehr Lehrer als bisher sich eingehend mit dem Wesen der drahtlosen Telegraphie bekannt machen müssen. Die mir bekannten Quellenwerke sind vielfach so wissenschaftlich geschrieben, und die dort besprochenen Apparate so verwickelt und zusammengesetzt, daß der aus diesen Werken sich vorbereitende Lehrer leicht in Zweifel gerät, ob für dieses Kapitel aus dem Gebiete der Elektrizität die Schulkinder das nötige Verständnis besitzen. Das vorliegende Buch, das den erweiterten Sonderdruck einer von mir für die „Praxis der kath. Volksschule" gelieferten Arbeit enthält, soll den Lehrer mit den einfachen Apparaten aus den Werkstätten von Meiser & Mertig, Dresden-N., bekannt machen und ihm das Studium der Quellenwerke erleichtern. Bestens danke ich auch an dieser Stelle den Herren Meiser & Mertig für das Leihen der Klischees und Herrn Schuldirektor Freyer, Dresden, für die eingehende Durchsicht vorliegender Arbeit.

Dresden, im Juli 1908.

Der Verfasser.



Einleitung. Die Drähte neben der Eisenbahn oder längs der Landstraßen, die unterirdischen Kabel in den Städten, sind die uns bekannten Wege der schnellen Gedankenübertragung. Als der Italiener Markoni die „Telegraphie ohne Draht" erfand, staunte man diese als etwas Neues, Ungewöhnliches an. Und doch hatten schon unsere Vorfahren eine schnelle und sichtbare Zeichengebung ohne Draht. Feuerzeichen, von Höhe zu Höhe aufflammend, brachten bereits den alten Deutschen Kunde von Feindesnähe. Große Pechfeuer leuchteten schon zur Römerzeit an gefährlichen Punkten der Küste und wiesen den Schiffen ihre Bahn. Leuchttürme weisen den Schiffen bei dunkler Nacht den Weg. Bunte Laternen werden im Straßen- und Eisenbahnbetrieb verwendet; mittels Flaggen verständigen sich die Schiffe. Im Burenkriege und im südafrikanischen leistete der Heliograph, durch den mittels Zurückwerfens des Lichtstrahls durch Spiegel ganze Depeschen weiterverbreitet wurden, unentbehrliche Dienste. Ebenso werden die Schallwellen für Übermittelung von Nachrichten verwendet; es sei nur an die Signalhörner, tönende Glocken, Dampfpfeifen, Trommelsprache bei Negern erinnert. Am Ende unserer Betrachtung werden wir sehen, daß die drahtlose Telegraphie eigentlich gar nichts Wunderbares an sich hat und auf sehr einfachen Grundsätzen beruht.

Geschichtliches. (Da ohne theoretische Vorstellungen die Erscheinung der drahtlosen Telegraphie nicht zu verstehen ist, und diese wie keine andere in die Lehre vom Wesen der Elektrizität einführt, so sei es mir gestattet, den geschichtlichen Teil etwas ausführlicher zu behandeln. Zugleich will ich durch kurze Erklärung der in Quellenwerken gebrauchten wissenschaftlichen Ausdrücke jedem das Studium dieser Werke erleichtern. Denn nicht immer sind dort die Ausdrücke auch erklärt und das Nachschlagen im Lexikon ist zeitraubend.)

Die älteste, aus dem 18. Jahrhundert stammende Lehre der elektrischen Erscheinungen sieht in der Elektrizität eine außergewöhnlich feine, nicht wägbare Flüssigkeit (Fluidum), die alle Körper durchdringt. Diese Lehre hat zu Bezeichnungen und Namen Anlaß gegeben, die wir noch heute benützen. Wir sprechen von einem elektrischen Strome oder einem Fließen der Elektrizität, nennen Körper, in denen die Elektrizität fließen kann, Leiter, im Gegensatz zu den Nichtleitern oder Isolatoren. Das Fließen des elektrischen Stromes in den Leitern (Metalldrähten) denkt man sich heute noch so wie das Fließen einer

Flüssigkeit in einer Röhre. Die Stärke des elektrischen Stromes messen wir durch die Elektrizitätsmenge, die in einer Sekunde durch einen Querschnitt des Leiters strömt. Behält der Strom dieselbe Richtung, so spricht man vom Gleichstrom, wechselt er die Richtung, vom Wechselstrom. Da der Wasserstrom sich an den Wänden der Röhre reibt, also ohne einen gewissen Druck nicht von selbst weiter fließen würde, so bedarf auch der elektrische Strom einer solchen Kraft. Für den Wasserstrom liefert das Pumpwerk oder der hochgelegene Wasserbehälter diese Druckkraft, für den elektrischen Strom irgend eine Elektrizitätsquelle. Diese nennt man die elektromotorische Kraft, die mit Spannung (Potential) gleichbedeutend ist. Wie endlich mit der zunehmenden Länge der Röhren der Wasserdruck immer geringer wird, so nimmt auch die elektrische Spannung in den entfernter liegenden Teilen des Leiters ab. Zwischen zwei Punkten eines Leiters besteht deshalb während des Stromdurchganges ein Spannungsunterschied (Potentialdifferenz). Allgemein können wir sagen, daß ein Leiter, dem Elektrizität zugeführt wird, eine gewisse Spannung besitzt, und daß diese Spannung abhängt von der zugeführten Elektrizität, von der Form und Größe des Leiters. Zwei verschieden geladene Leiter haben verschiedene Spannung. Werden diese durch einen Draht verbunden, so gleicht sich der Spannungsunterschied aus, die Elektrizität bewegt sich von einem Leiter zum anderen, bis der Spannungsunterschied beseitigt ist.

In einer weiteren Röhre (mit großem Fassungsraum) wird dieselbe Menge Wasser einen geringeren Druck auf die Seitenwände ausüben als in einer engeren. Ebenso beim elektrischen Leiter. Auch hier wird die Elektrizitätsmenge (Ladung) von der Größe seiner Oberfläche abhängen und um so größer sein, je ausgedehnter diese ist. Andererseits zeigt sich die Größe der Ladung abhängig von der Spannung, mit der die Elektrizität durch den Leiter getrieben wird. (Je mehr „Gefälle" ein Fluß hat, desto mehr Wasser wird in dem Bette dahinlaufen; das Wasser von den höheren Stellen drückt fortwährend auf das Wasser an den niederen Stellen.) Man nennt dieses Verhältnis der Elektrizitätsmenge zu seiner Spannung die Kapazität des Leiters. Diese Kapazität, die in gewissem Sinne das Fassungsvermögen des Leiters für elektrische Ladungen darstellt, hängt ab von der Größe der Leiteroberfläche, von seiner Gestalt, aber auch von der Lage zu andern benachbarten Leiterflächen. Das in den Röhren eingeschlossene Wasser übt nur einen Druck auf die Röhrenwände aus, nicht aber auch auf die Umgebung. Anders verhalten sich geladene Leiter. Sie üben auf benachbarte Elektrizitätsmengen anziehende oder abstoßende Kräfte aus, die die Verteilung der Ladungen verändern. Auch ungeladene Leiter

werden beeinflußt; die in ihnen gebundenen beiden Elektrizitäten werden getrennt und verteilt. Man nennt diese Erscheinung elektrische Influenz und die Ladungen Influenzladungen. So wird die Spannung eines Leiters verringert, wenn in seine Nähe ein anderer gebracht wird, der zur Erde abgeleitet ist. Durch Verringerung der Spannung wird aber die Aufnahmefähigkeit erhöht, ihm kann mehr Elektrizität zugeführt werden. Diese Möglichkeit ist von größter Wichtigkeit. Man hat schon im 18. Jahrhundert einen Apparat gebaut, den Ansammlungsapparat oder Kondensator. Er besteht aus zwei sich gegenüberstehenden Metallplatten, von denen die eine (A) mit der Erde, die andere (B) mit dem Konduktor einer Elektrisiermaschine leitend verbunden ist. Entfernt man die Platten voneinander, so wird B solange geladen, bis seine Spannung gleich der des Konduktors ist. Bringt man A in seine Nähe, so wird die Spannung in B bedeutend kleiner und B kann von der Elektrisiermaschine neue Elektrizität zugeführt werden, bis die Spannung von B wieder gleich der der Elektrisiermaschine geworden ist. Die Kapazität der beiden Platten wird größer, je näher sich die beiden Platten stehen und je größer ihre Oberflächen sind. Man kann auf diese Weise Kondensatoren von großer Aufnahmefähigkeit bauen. Ein bekannter Kondensator ist die Leidener Flasche. Zwei parallele, durch eine dünne Schicht getrennte Platten, geben einen Plattenkondensator. Wird der eine Leiter geladen, so entsteht ein Spannungsunterschied, der sich auszugleichen sucht. Endlich hängt, wie Faraday gezeigt hat, die Kapazität auch von den Stoffen ab, wodurch beide Platten isoliert sind. Befindet sich Luft zwischen ihnen, so werden die entgegengesetzten Elektrizitäten diesen Widerstand überwinden und sich in einem Funken ausgleichen. Will man den Ansammlungsort stark laden, so muß man als isolierende Zwischenschicht einen festen oder flüssigen Körper, Papier, Glimmer, Glas, Paraffinöl, Petroleum usw. wählen. Die Isolatoren spielen, und das ist von besonderer Wichtigkeit, bei der elektrischen Influenz eine wesentliche Rolle. Man bezeichnet einen Isolator auch als Dielektrikum. Diese beiden Bezeichnungen bedeuten dasselbe. Das eine Mal hebt man nur die Fähigkeit zu isolieren hervor, das andere Mal die Fähigkeit, auf die elektrische Verteilung einen Einfluß auszuüben.

Erklärte man sich die elektrischen Erscheinungen durch die Annahme, daß es zwei verschiedene Fluida, positive und negative gäbe, so mußte, als man die Influenzwirkung nachwies, noch eine Fernkraft als etwas geheimnisvolles angenommen werden, d. h. eine Kraft, die von einem Körper ausgeht und an einen zweiten angreift, ohne daß im Zwischenraume zwischen beiden Körpern etwas zu merken ist. Das Verdienst, uns die geheimnisvolle Fernkraft klargelegt zu haben, gebührt dem englischen

Physiker Faraday. Seine Anschauungen wurden später von dem Mathematiker Maxwell weiter ausgebildet. Die Maxwellsche Theorie führt die elektrischen Erscheinungen nicht auf Fernkräfte, sondern auf vermittelte Kräfte zurück. Sie benützt die von der alten Theorie eingeführten Bezeichnungen wie Leiter, Nichtleiter, Elektrizitätsmenge, Ladung, elektrischer Strom usw., deutet sie aber anders. Da, wie oben besprochen wurde, die Größe der Spannung von den Isolatoren abhängt, so nimmt man an, daß gerade diese und nicht die Leiter der Sitz der elektrischen Erscheinungen sind. Weil man aber in luftleeren Räumen, (Vakuum, zwischen Himmelskörpern) elektrische und magnetische Erscheinungen wahrnimmt, so denkt man sich daselbst als Träger derselben den alles durchdringenden Äther, den man schon früher zur Erklärung der Lichterscheinungen eingeführt hat. Nichts hindert nun daran, anzunehmen, daß der Äther, indem er alles durchdringt, der wirkliche Träger der elektrischen und magnetischen Kräfte ist. Der Unterschied liegt nur in der Wellenlänge begründet. Für die schnellen Lichtschwingungen mit entsprechend kleinen Wellenlängen von nur einigen zehntausendstel Millimetern haben wir in unserem Körper ein Organ zur unmittelbaren Wahrnehmung, nämlich das Auge. Für den Nachweis der großen elektrischen Wellen bis zu hunderten und tausenden von Metern Länge, wie solche in der drahtlosen Telegraphie verwendet werden, sind wir auf die Benutzung von Instrumenten angewiesen.

In der Umgebung eines elektrischen Leiters sind, wie wir gesehen haben, elektrische Kräfte vorhanden. Stecken wir einen langen, stromführenden Draht durch eine Papierfläche hindurch, auf die man Eisenfeilspäne aufgeschüttet hat, und klopft etwas an das Papier, damit die Reibung überwunden werden kann, so sieht man die eigentümliche Erscheinung, daß sich die Feilspäne in konzentrischen Ringen um den stromführenden Leiter gruppieren. Diese Ringe bilden die sogenannten elektromagnetischen Kraftlinien. Dieselben Linien kann man wahrnehmen, wenn man auf das Papier, unter dem ein Magnet liegt, Feilspäne schüttet. (Aus einem Fläschchen mit weitem Halse oder einen kleinen Schachtel, die mit einem gespanntem Stück grober Leinwand verschlossen ist, siebt man die Späne auf. Um die durch die Feilspäne entstandenen Magnetfeldbilder festzuhalten, bläst man mit einem Zerstäuber eine Gummilösung, besser Schellacklösung, auf die Späne. Der Spiritus der Lösung verdunstet und der Schellack hält die Späne auf dem Papier fest.) In diesem Sinne sprechen wir von einem Feld elektrischer Kraft (elektrisches Kraftfeld) in der Umgebung eines geladenen Leiters und von einem Feld magnetischer Kraft (magnetisches Kraftfeld) in der Umgebung

eines Magneten, sind beide Kräfte vorhanden, von einem elektromagnetischen Feld. Die Stärke des Feldes nennt man auch die Intensität. Nun steht es seit Faraday fest, daß das Entstehen oder Vergehen eines elektrischen Feldes immer verbunden ist mit dem Entstehen oder Vergehen eines magnetischen und umgekehrt. Wickeln wir deshalb einen stromführenden Draht um einen Eisenstab, so wird dieser magnetisch, da er im elektrischen Felde liegt, genau so, wie man durch eine bloße Entladung eines Kondensators (Leidener Flasche) Stahlnadeln magnetisch machen kann. Von den Erscheinungen der elektrischen Influenz ausgehend, entdeckte Faraday nach mühevollen und schwierigen Versuchen die elektrische Induktion, die Magnetoinduktion und die Elektroinduktion; denn es sind die magnetischen Kräfte eines Stromes, ebenso wie die magnetischen Kräfte eines Magneten, die die Induktionsströme in einem in der Nähe befindlichen Stromleiter hervorrufen. Dadurch sind die beiden Arten von Induktion auf dieselbe Erscheinung zurückgeführt. Ebenso entdeckte Faraday die dritte Art von Induktion, die Selbstinduktion. So wie ein galvanischer Strom bei seinem Entstehen und Verschwinden in einem in seiner Nähe befindlichen Drahtkreis Induktionsströme erzeugt, ruft er auch in seiner eigenen Bahn derartige Ströme hervor. Lassen wir durch die parallelen Windungen eines spiralförmig gewundenen Drahtes einen Strom fließen, so wird in dem Augenblick, wo der Strom geöffnet wird, in allen Windungen Induktion erregt. Dasselbe geschieht beim Schließen. Man nennt diese Induktionsströme in der eigenen Bahn eines Stromes Extraströme. Beim Schließen eines Stromes fließt der erzeugte Extrastrom in entgegengesetzter Richtung und setzt dem neu einsetzenden Strome einen gewissen Widerstand entgegen. Eine solche widerstrebende Kraft finden wir auch bei den mechanischen Bewegungen. Sie wird hier als Trägheit bezeichnet. Ein Eisenbahnzug oder ein Schiff nimmt nicht sofort, wenn die volle Kraft der Maschine zu wirken beginnt, auch die volle Geschwindigkeit an. Hält ein schnell fahrender Wagen, in dem wir sitzen, plötzlich an, so macht unser Körper die Änderung der Bewegung nicht sofort mit, er schnellt ein Stück vorwärts, er ist vom Wagen induziert worden. Die Selbstinduktion macht sich bei langen Leitungen, überseeischen Kabeln, recht störend bemerkbar; sie verlangsamt das Telegraphieren und verringert die schnellen Stromwechsel. Deshalb kann das überseeische Telegraphenkabel nicht auch zugleich als Telephonleitung benutzt werden. Durch Verringerung besonders der schnellen Stromwechsel leidet die Deutlichkeit der Lautübertragung. Erst vor wenigen Jahren gelang es dem Amerikaner Pupin durch Einschaltung von Selbstinduktionsspulen in die Kabel diesen Übelstand zu beseitigen.

Maxwell fand durch seine Berechnungen der von einem Punkte ausgehenden elektromagnetischen Störung eine Ausbreitungsgeschwindigkeit der Elektrizität, die im Äther 300000 km in der Sekunde beträgt. Genau dieselbe Ausbreitungsgeschwindigkeit besitzt aber nach zahlreichen Messungen das Licht. Es ist das wohl kein bloßer Zufall, sondern sehr wahrscheinlich, daß Licht und elektromagnetische Vorgänge ihrem Wesen nach gleich sind. Schon Maxwell faßte diesen kühnen Gedanken, womit wir heute vertraut sind. Das Licht ist eine elektromagnetische Erscheinung; die Schwingungen, auf denen es beruht, sind nicht Hin- und Herbewegungen der Ätherteilchen selbst, sondern periodische Veränderungen elektrischer und magnetischer Kräfte, elektromagnetische Schwingungen, es ist ein periodisches An- und Abschwellen der elektrischen und magnetischen Kraft an jedem Punkte des Raumes. Ein von Licht durchstrahlter Raum ist daher ein veränderliches elektromagnetisches Feld.

Der Professor Heinrich Hertz erbrachte 1888 zu dieser Theorie den Beweis, indem er mit elektrischen Wellen von einigen Metern Länge die sämtlichen in der Optik wohlbekannten Versuche der Zurückwerfung, Brechung, Beugung und Polarisation ausführte, sowie die große Fortpflanzungsgeschwindigkeit direkt maß.

Eine praktische Anwendung hatte diese Entdeckung nicht. Es fehlte hauptsächlich an einem Instrumente, das solche elektrische Wellen anzeigte. Diesem Übelstande wurde im Jahre 1890 abgeholfen durch eine Entdeckung des Franzosen Branly. Branly fand, daß fein zerteiltes Metall, also mehr oder weniger grobes Metallpulver, in einen schwachen elektrischen Strom eingeschaltet, seinem Durchgang einen unüberwindlichen Widerstand entgegensetzte. Wird nun aber das Metallpulver elektrisch bestrahlt, so sinkt der Widerstand auf einen kleinen Wert, der Strom kann fließen und wir haben so einen Anzeiger für das Vorhandensein elektrischer Wellen im Raume. Diese Entdeckung führte zur Herstellung eines hochempfindlichen Instrumentes, des Kohärers oder Fritters. (Kohärer, dieses kauderwelsche Wort soll anzeigen, daß die lockeren Metallteilchen durch die Wellen kohärieren, d. h. zusammenhaften, vgl. Kohäsion! — Unter Fritten versteht man das Zusammenbacken von Metallstücken unter Einwirkung der Wärme.) Fünf Jahre später gibt Professor Popoff in Kronstadt eine Vorrichtung bekannt, mit der man luftelektrische Entladungen durch einen Fritter, der mit dem einen Pol an einen Blitzableiter, mit dem andern an die Erde gelegt war, aufzeichnen kann. Auf gleiche Weise verwendete endlich 1896 Markoni, ein Italiener, den Kohärer, und zwar geschah es diesmal mit der bewußten Absicht, eine Telegraphie ohne metallische Leiter auszubilden. Der eigentliche Erfinder

der drahtlosen Telegraphie ist er also eigentlich nicht, als solcher muß Professor Hertz gelten.

Markoni setzte seine Versuche mit Hilfe des englischen Generalpostmeisters Preece in England fort. Preece wurde schon 1884 durch eine Beobachtung angeregt, Zeichen mittels elektrischer Induktion zu übertragen. In den Straßen Londons war eine Erdleitung in eiserne Röhren gelegt worden und etwa 3 m darüber eine Luftleitung gespannt. Man machte nun die Beobachtung, daß von der einen Leitung zur anderen Gespräche übertragen wurden. Als 1895 das Kabel zwischen Schottland und der Insel Mull brach, wurde auf jeder Seite der Meeresküste eine der gegenüberliegenden parallel laufende Drahtleitung gezogen. Als Zeichengeber benutzte man einen in den Stromkreis eingeschalteten Morsetaster, der seinen Strom aus einer sehr starken Batterie erhielt; als Empfänger war in den gegenüberliegenden Stromkreis ein Telephon eingeschaltet. Eine Verständigung durch Induktion war möglich, nur nahmen die parallelen Drahtleitungen zuviel Platz ein, so daß an eine Verwendung für Schiffe und Leuchttürme, wo der Platz beschränkt ist, nicht gedacht werden konnte. Versuche, die Induktion durch das Seewasser hindurch wirken zu lassen, waren erfolglos.

Während Markoni seine Versuche in England fortsetzte, arbeiteten der Prof. Slaby und der Graf Arco in Deutschland an der Vervollkommnung dieses Verkehrsmittels. Doch konnten beide nur ganz geringe Entfernungen überbrücken. Erst Prof. Braun in Straßburg ermöglichte durch Einführung der Resonanz das Telegraphieren und neuerdings auch das Telephonieren auf beliebige Entfernungen. Gegenwärtig ringen zwei Systeme um die Palme des Erfolges: die englische Markoni-Gesellschaft und die deutsche Aktiengesellschaft „Telefunken", die aus der Verbindung von Siemens und Halske mit der Berliner Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft vor fünf Jahren entstanden ist. Während jene die elektrische Wellenverbindung der fünf Erdteile erstrebt und riesenhafte Telegraphenstationen errichtet, strebt die deutsche Gesellschaft bedächtig und geduldig nach dem leichter erreichbaren Ziele einer Verständigung über kürzere Strecken durch Ausgestaltung der vereinigten Systeme. Die Telefunkenstation Nauen bei Berlin hat die Riesenanlagen der englischen Markoni-Gesellschaft überflügelt; sie kann deren Depeschen jederzeit abfangen und durch ihre elektrischen Wellen das sichere Arbeiten jener Gesellschaft verhindern. Mit dem Weltmonopol der Markoni-Gesellschaft ist es vorüber. „Die Station Nauen ist ein Triumph deutscher Wissenschaft und Technik, ein Machtfaktor der deutschen Kriegsflotte, ein Stützpunkt der deutschen Handelsmarine, ein Denkmal deutschen Fleißes, der selbst vor den schwierigsten Aufgaben nicht zurückschreckt, wenn es gilt,

den Ruhm des deutschen Namens anderen Nationen gegenüber zu erhöhen."*)

Elektrische Schwingungen. Aus der geschichtlichen Betrachtung haben wir ersehen, daß die drahtlose Telegraphie auf der Einwirkung der elektrischen Wellen auf den Kohärer oder Fritter beruht. Ehe wir zur Betrachtung der bei der drahtlosen Telegraphie benutzten Apparate übergehen, haben wir zunächst die Frage zu beantworten: Wie erzeugen wir überhaupt schnelle elektromagnetische Schwingungen, wie sie für die drahtlose Telegraphie erforderlich sind und worauf beruhen sie? Wenn ich ein Pendel aus der Ruhelage hebe und dann loslasse, so schwingt es hin und her, und zwar für alle Ewigkeit, wenn nicht Reibung der Luft und an der Aufhängestelle zu überwinden wären, die die bewegende Kraft allmählich verzehren. Geht die Pendellinie durch den tiefsten Punkt, so haben wir die stärkste Bewegung; über diesen Punkt hinaus nimmt die Geschwindigkeit allmählich ab, bis sie in der höchsten Lage der Pendellinie gleich Null geworden ist. Die bewegende Kraft an sich ist natürlich unverändert, aber sie hat eine andere Form angenommen, nämlich die der erhöhten Lage (potentielle Energieform). In dieser Lage kann das Pendel nicht verharren; denn das Gleichgewicht ist gestört. Es bewegt sich wieder durch den tiefsten Punkt und durchläuft den bei der ersten Bewegung beschriebenen Bogen in entgegengesetzter Richtung. Die Bewegungen wechseln die Richtungen so lange, als die bewegende Kraft (Energie) nicht durch die Reibung aufgezehrt ist. Genau solche wechselnde Bewegungen des elektrischen Stromes haben wir bei der Selbstinduktion und Entstehung der Extraströme kennen gelernt. Die Induktionswirkung schneller Wechselströme bringt den Äther, jenen feinsten alles durchdringenden Stoff zur Wellenbewegung. „Obwohl es durch die neueren Unterbrecher, den Turbinen- und den elektrolytischen Unterbrecher, möglich ist, einen Strom auf einfache Weise ein- bis zweitausendmal in der Sekunde zu unterbrechen, und dadurch in einer Induktionsspule Wechselströme mit der Periode $^1/_{1000}$ bis $^1/_{2000}$ Sekunde zu erzeugen, so sind doch diese Wechsel nur äußerst langsam gegen diejenigen, die, wie man allmählich erkannt hat, die Natur selbst durch einfache Mittel erzeugte. In Wirklichkeit kommen bei unsern Experimenten, ohne daß wir etwas dazu tun, wechselnde elektrische Ströme vor, die in jeder Sekunde 100000 mal, millionenmal, ja sogar milliardenmal ihre Richtung ändern. Solche außerordentlich rasch wechselnde elektrische Bewegungen nennt man

*) Partheil, Die drahtlose Telegraphie und Telephonie.

elektrische Schwingungen oder Oszillationen, und das Mittel, durch das sie entstehen, ist der elektrische Funke. — Der wesentliche Grund zur Entstehung solcher Oszillationen ist nämlich das Auftreten von Extraströmen bei der Entladung durch einen Funken."*)

Ein Kondensator, wie ihn die bekannte Leidener Flasche darstellt, wird mit Elektrizität geladen; es sammelt sich auf der einen Belegung positive, auf der andern negative Elektrizität. Werden beide Belegungen durch einen Drahtkreis bis auf eine 1 cm lange Luftstrecke geschlossen, so zeigt dann die eine Belegung alle Zeichen des Überdrucks, die andere des Unterdrucks. Erreicht aber die in dem Kondensator geladene elektrische Kraft einen so hohen Spannungsbetrag, daß die Luftstrecke innerhalb der Drahtunterbrechung nicht mehr genügend isoliert, so gleicht sich der elektrische Überdruck auf der einen Seite mit dem Unterdruck auf der andern Seite durch einen hellen knallenden Funken aus. Fängt man diesen Funken in einem sich schnell drehenden Winkelspiegel auf, so bildet er kein zusammenhängendes Lichtband, sondern er gleicht mehr einer Perlenschnur, zwischen hellen Stellen finden sich dunkle. Das ist ein Beweis, daß kein einzelner Funke, sondern eine ganze Reihe von Funken übersprangen. Durch den ersten winzigen Funken wird die Elektrizitätsmenge um die Spannung und die treibende Kraft verringert. Bei jeder Veränderung des Stromes entstehen in einem Leiter Extraströme mit entgegengesetzter Richtung. So wiederholt sich das Spiel, bis die Kraft aufgezehrt ist, die Elektrizität pendelt hin und her. Die schnellen Oszillatorschwingungen sind längst abgeklungen, wenn eine neue Unterbrechung und ein neuer Schlag erfolgt. „Diese Unterbrechungen, die jede scheinbar einen einzigen Funken geben, erfolgen gewöhnlich in Pausen, die etwa nach Zehntelsekunden rechnen, und man erkennt ihre Zahl leicht an dem mehr oder minder raschen Knattern der Funken. Nehmen wir alle Zehntelsekunde eine Unterbrechung, also zehn schwingungerregende Induktorschläge in einer Sekunde an und bedenken, daß die 100 schnellen Oszillatorschwingungen nur etwa 1 Milliontel Sekunde andauern, so ist leicht zu erkennen, daß die Schwingungen nur einen kleinen Teil zwischen zwei Erregungen andauern, und diese können daher nicht stören. Man hat für den geschilderten Vorgang ein treffendes und geradezu verblüffendes Beispiel aus der Akustik gebildet; es zeigt sich nämlich, daß man den entsprechenden akustischen Vorgang hat, wenn man sich denkt, daß eine Glocke alle Jahre ein einziges Mal mit

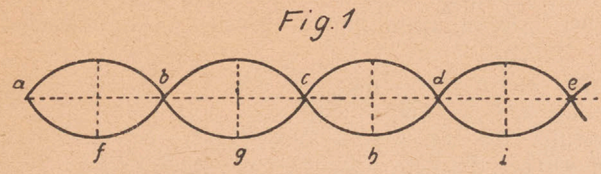
*) Graetz, Die Elektrizität und ihre Anwendungen.

einem Hammer angeschlagen wird und dann ausklingt, was etwa 1 Minute dauern mag."*) Noch ein anderer Versuch soll uns das klar machen. Gießen wir in eine U-förmige Röhre eine Flüssigkeit und heben einen Schenkel, so erzeugen wir im anderen einen Druck- oder Spannungszustand. Läßt man die Flüssigkeit fallen, so schießt diese über die Ruhelage hinaus, pendelt hin und her, bis sie zur Ruhe kommt.

Elektrische Wellen. Elektrische Schwingungen (Oszillationen) treten also jedesmal ein, wenn zwischen zwei Leitern ein elektrischer Funke überspringt. Nur wird die Zeitdauer dieser Schwingung um so kürzer sein, je geringer die Spannung dieser Leiter ist. Nun bleiben aber die schwingenden Bewegungen des Äthers nicht bloß auf die Funkenstrecke beschränkt, sondern es laufen von der Funkenstrecke nach allen Seiten hin Ätherwellen aus, so wie von einer Lichtquelle Lichtwellen nach allen Seiten ausgehen. Es sind die elektrischen Wellen, von denen schon gesprochen wurde, die den Licht- und Wärmestrahlen gleichen und sich nur durch ihre größere Länge unterscheiden. Es sei auch hier an die aus der Mechanik bekannten Wellen erinnert. Am verständlichsten werden die Erklärungen, wenn wir von den Wasserwellen ausgehen, die von einem in stehendes Wasser geworfenen Steine gebildet werden. Da sehen wir, daß die Welle oder besser der Wellenzug von einzelnen schwingenden Teilchen gebildet wird. Diese wandern nicht mit der Welle fort, sondern bleiben an ihren Plätzen; ein Stück Holz bewegt sich auf den Wellen nur auf und ab, je nachdem ein Wellenberg oder ein Wellental unter ihm wegzieht. Diese Wellen nennt man Kugelwellen. Sie sind durch konzentrische Kreise leicht zu veranschaulichen. Halten wir ein mehrere Meter langes Seil wagerecht, jedoch nicht zu straff, und führen mit einem Stocke einen kurzen Schlag gegen das Seil, so entsteht an der getroffenen Stelle eine Ausbuchtung; diese teilt sich in zwei Teile, die nach beiden Enden hinlaufen, hier zurückgeworfen werden und nach und nach schwächer werden. Es sind dies ebene Wellen. Erschüttert man das Seil durch regelmäßige kräftige Schläge mit der Hand, so erhält man mehrere Ausbuchtungen, einen Wellenzug. Diese Wellen laufen über das Seil, werden zurückgeworfen und treffen mit den aufs neue erzeugten Wellen zusammen. Nun beobachten wir folgendes: Treffen zwei Ausbuchtungen (Wellenberge) zusammen, so entsteht eine entsprechend höhere, treffen Wellenberg und Wellental von gleicher Höhe zusammen, so schwingt das Seil an

*) Kalähne, Die neueren Forschungen auf dem Gebiete der Elektrizität. S. 151.

dieser Stelle nicht. Haben die erzeugten Wellen immer dieselbe Länge, so findet auch das Zusammentreffen von Wellenberg und Wellental immer an derselben Stelle statt, es entsteht ein **Knoten**. Wir haben auf diese Weise **stehende** Wellen oder Schwingungen erhalten. Die Knoten liegen um $^1/_2$ Wellenlänge voneinander entfernt. In der Mitte zwischen je zwei Knoten, a und b, schwingt das Seil am kräftigsten,



bei f, es entsteht ein **Bauch**. Die Bäuche f, g, h, i liegen auch um $^1/_2$ Wellenlänge voneinander. Die ganze Welle reicht von a bis c. Mit Hilfe der Knoten oder Bäuche der stehenden Wellen werden die Wellenlängen gemessen. Gerade nun so, wie wir am Seil stehende Wellen erzeugt haben (sie entstehen auch beim Anstreichen der Violinseite), so erzeugte auch Hertz im Jahre 1888 stehende elektrische Wellen. Er fand, daß Metallwände die ankommenden elektrischen Wellen zurückwerfen, und daß diese Zurückwerfung zur Bildung stehender Wellen mit Knoten und Bäuchen Anlaß gibt. Es gelang ihm, die elektrischen Wellen mit einem Hohlspiegel im Brennpunkt zu vereinen und dort erzeugte Wellen gleich einem Leuchtspiegel wagerecht zu versenden, sie auch im Metallspiegel winkelförmig zu brechen. Diese Versuche zeigten deutlich, daß von einem elektrischen Funken sich die Schwingungen wellenförmig nach allen Seiten ausbreiten. Nun werden aber nicht bloß im Äther zwischen den Luftatomen, sondern auch im Äter zwischen den Atomen, welche eine Kupferleitung bis zur Funkenstrecke bilden, elektrische Wellen erzeugt. Durch die Leitung wird den Wellen zugleich der Weg vorgeschrieben. Schon vor Hertz hat man diese Methode benutzt. „Denn unsere Leitungen, in denen veränderliche Ströme fließen, sind weiter nichts als solche Führungen für elektrische Wellen von allerdings meist sehr langer Periode und Wellenlänge. Infolge der großen Wellenlänge ist es jedoch unmöglich, die wellenförmige Fortpflanzung längs der Leiter zu erkennen. Erst mit den kurzen Hertzschen Wellen gelingt es leicht, den Nachweis dafür durch Erzeugung stehender Wellen zu erbringen, die sich bequem beobachten lassen. Zur Führung der Wellen ist im allgemeinen nur ein einziger Leiter (Metalldraht) nötig; soll jedoch die Energie möglichst zusammengehalten werden, so empfiehlt es sich, zwei einander wenigstens an-

nähernd parallel laufende Leiter zu benutzen. Diese Leiter entsprechen der Hin- und Rückleitung im gewöhnlichen Sinne, die von der Elektrizitätsquelle ausgehen bezw. zu ihr zurückkehren, z. B. den beiden Drähten einer Telephonleitung, einer Klingelleitung, einer Lichtleitung usw., die auch in einem Kabel nebeneinander liegen können. Unter Umständen ist auch der zweite Draht durch einen körperlich ausgedehnten Leiter ersetzt, dessen Oberfläche dem Drahte parallel läuft (die Erde bei Telegraphenleitungen, Wasser oder Erde bei versenkten Kabeln)."*)

Nach diesen theoretischen Betrachtungen will ich zur Beschreibung der einfachsten Apparate übergehen, wie sie zur Vorführung der drahtlosen Telegraphie bei Schulversuchen benutzt werden können. Solche einfache Apparate haben die Werkstätten für Präzisionsmechanik von Meiser und Mertig, Dresden-N., gebaut. Sie sind von den mir bekannten die billigsten und in den meisten hiesigen Schulen eingeführt. Es ist mir gelungen, mit Funken aus einer Influenzmaschine durch mehrere Zimmerwände drahtlos Zeichen zu geben.

Fritter oder Kohärer. Wie schon oben bemerkt, hat der Fritter die Entwicklung der drahtlosen Telegraphie ermöglicht. Er weist das Vorhandensein der elektrischen Wellen nach und wird darum auch das elektrische Auge genannt. Hervorgegangen ist er aus der Branlyschen Röhre.

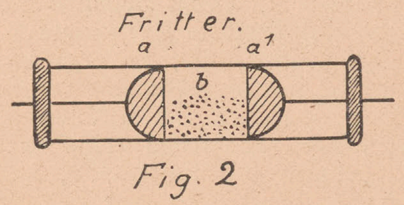
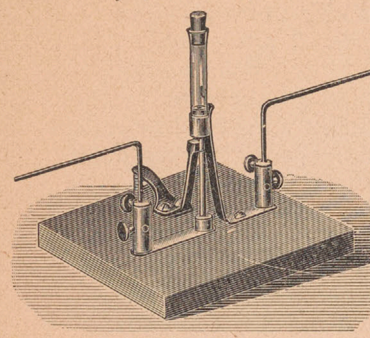


Fig. 2

In einer Glasröhre a und a¹ befinden sich zwischen zwei Metallelektroden Metallspäne b. Verbindet man die beiden Elektroden mit den Polen eines galvanischen Elementes, so wird man von einem Strome so gut wie gar nichts merken. Da die aufgeschichteten Metallspäne sich nur lose berühren, so haben sie einen sehr großen Leitungswiderstand, der (nach Partheil) ungefähr 3000 Ohm beträgt. (Unter einem Ohm versteht man den Widerstand einer Quecksilbersäule von 1,06 m Länge und 1 qmm Querschnitt.) Treffen elektrische Wellen den Fritter, wie sie durch einen elektrischen Funken erzeugt werden, so sinkt plötzlich der Widerstand auf 5 Ohm. Die

*) Kalähne, a. a. O. S. 169.

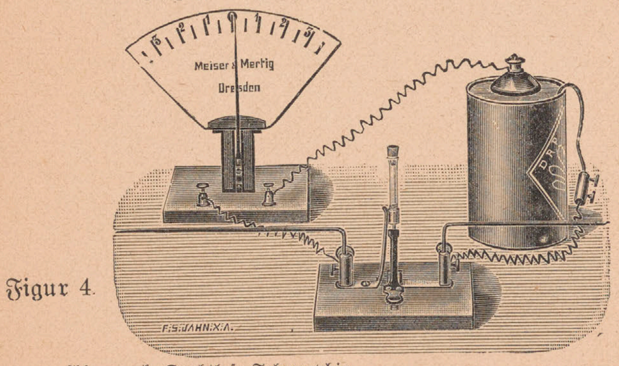
Metallteilchen geraten in eine bessere metallische Verbindung, wahrscheinlich durch mikroskopisch kleine Fünkchen, die zwischen ihnen übergehen. Es bildet sich gewissermaßen eine metallische Brücke, und der Strom fließt. Auch nach dem Aufhören der Wellen bleibt diese Brücke bestehen. Klopfen wir mit dem Finger an die Röhre, so stürzt die Brücke ein, und der hohe Widerstand ist wiederhergestellt.



Figur 3.

Der in nebenstehender Abbildung vorgeführte Fritter ist von Meiser und Mertig. Die Glasröhre ist unten mit einem Hartgummipfropf verschlossen. Durch diesen führt ein Messingstab, auf den ein Platinplättchen aufgelötet ist. In einem geringen Abstande davon liegt ein Platinring, der durch den Pfropfen hindurchgeführt und an die Messinghülse, in der die Glasröhre steckt, angelötet ist. Die Nickelspäne in der Röhre stellen die Verbindung zwischen Plättchen und Ring her. Der Fritter steckt mit seinem Messingstift in einer federnden Hülse, die mit der einen Klemmschraube in Verbindung steht, während eine an die obere Messinghülse drückende Feder die Verbindung nach der zweiten Klemme herstellt. In die oberen Löcher der Klemmschrauben werden die Fangdrähte eingesetzt, die die im Raume verteilten elektrischen Wellen sammeln und nach dem Fritter führen sollen. Der seitlich angebrachte Handklopfer dient zum Erschüttern der Späne.

Für den einfachen Versuch schaltet man den Fritter in den Stromkreis eines Salmiak- oder Trockenelementes mit einem Galvanoskop oder einer elektrischen Klingel ein, wie es die Abbildung (Fig. 4) zeigt. Läßt man aus einem Elektrophor,



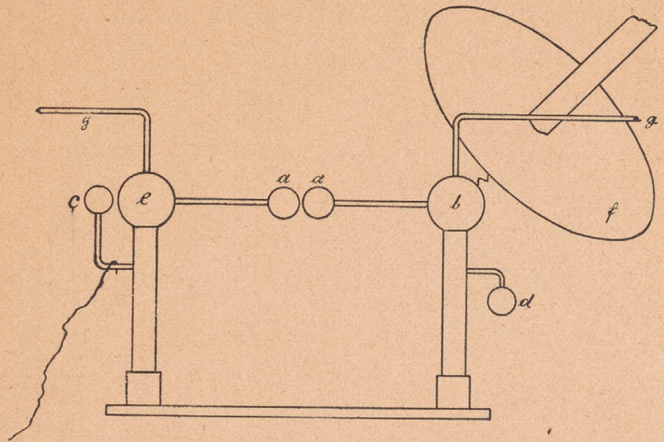
Figur 4.

einer Elektrisiermaschine, einer Leidener Flasche oder einem Induktor einen Funken überspringen, so bemerken wir einen Ausschlag an dem Galvanoskop oder die Klingel beginnt zu läuten. Durch Anschnippen des Klopferhebels kommt die Glocke zur Ruhe, um beim nächsten Funkenüberspringen wieder zu ertönen. Auch schon der Unterbrechungsfunke an der elektrischen Klingel kann den Fritter in Tätigkeit setzen. Verbindet man die beiden Klemmschrauben durch einen Draht direkt miteinander, so läutet die Glocke infolge des Kurzschlusses; sie läutet aber auch weiter, wenn man den Draht wegnimmt, der Unterbrechungsfunke hat den Schluß im Fritter erzeugt. Die gewöhnlichen Hausklingeln eignen sich weniger für diesen Versuch, weil sie zu schwer ansprechen. Den Fritter darf man in keinen starken Stromkreis einschalten, weil sonst bei geschlossenem Strome die Metallteilchen aneinanderschmelzen. — Einen sehr einfachen Fritter kann man sich herstellen, wenn man zwei längere, mit einer Oxydschicht versehene Drahtnägel in ein senkrecht stehendes Brettchen schlägt und wie vorhin in den Stromkreis einer Klingel einschaltet. Legt man einen dritten Nagel als Brücke darüber, so ertönt die Klingel zunächst nicht, da die Oxydschicht das Hindernis bildet. Erst ein Funke stellt den Schluß her. Eisenschrauben oder zusammengedrehte Stanniolkugeln, die in eine Glasröhre zwischen zwei feste Metallelektroden eingefüllt sind, bilden ebenfalls einen Fritter. Auf so sicheres Arbeiten, wie mit dem oben beschriebenen Fritter von Meiser u. Mertig ist freilich nicht zu rechnen, da die in diesem benutzten Nickelspäne für diesen Zweck besonders zubereitet sind.

Der Sender. Um die Wirksamkeit des elektrischen Funkens zu erhöhen und die elektrischen Wellen über größere Strecken leiten zu können, bedient man sich des Senders. Seine Wirkung beruht darauf, daß sich in den beiden Kugeln (Kapazitäten) e b (siehe Figur 5) eine größere Menge Elektrizität ansammelt und den Spannungsunterschied zwischen den Kugeln a a vermehrt. Werden in die beiden Kugeln Sendedrähte g g gesteckt und diese mit den Fangdrähten am Empfänger (Fritter) parallel gestellt, so wird die Wirkung des Senders erhöht.

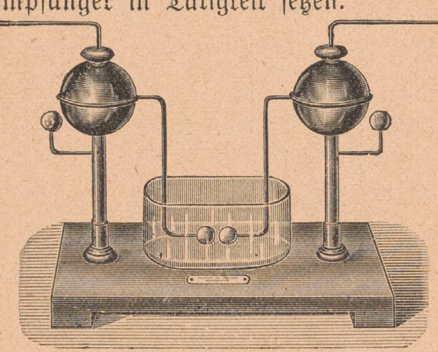
Die Figur 5 erläutert die Funkenübertragung eines Elektrophors nach dem Sender. Der Bügel c ist mit der Erde leitend verbunden. Um die Spannung zu erhöhen, sind im zweiten hier abgebildeten Sender (Figur 6) die Erreger in eine isolierende Flüssigkeit (Petroleum, Paraffinöl) getaucht; infolgedessen wird auch die Elektrizitätsmenge eine größere, die sich in den oberen größeren Kugeln ansammelt. Bei Anwendung einer Elektrisier- oder Influenzmaschine

werden beide Bügel c d (Figur 5) mit den Konduktoren verbunden. Die beiden Bügel müssen im geringen Abstande



Figur 5.

(3 bis 5 mm) den größeren Kugeln gegenüberstehen. (Fig. 6.) Sie sollen die Störungen vermeiden, die entstehen, wenn die Zuleitungsdrähte der Elektrisiermaschine unmittelbar an die Erregerkugeln angelegt werden. Von diesen Bügeln laden sich durch Überspringen von Funken die Erregerkugeln, bis zwischen diesen die Hauptentladung stattfindet. Mit einem solchen Sender kann man schon durch eine Zimmerwand hindurch den Empfänger in Tätigkeit setzen.



Figur 6.

„Hat man einen Funkeninduktor zur Verfügung, so verbindet man die Klemmen der Sekundärspule mit den Bügeln c und d des Senders. Die Abstände c und d werden je nach der Schlagweite des Induktors so reguliert, daß die Funken sicher überspringen. Die Entfernung der Kugeln a a bleibt $^1/_2$—1 mm. In den Primärstromkreis schaltet man am

besten einen einfachen Stromschlüssel (Telegraphentaster) ein, um nach Belieben den Strom schließen und öffnen zu können. — Zur Erzeugung hörbarer Morsezeichen durch den einfachen Fritter mit Klingel sind zwei Personen nötig; die eine, die Zeichen gibt, sei der Kürze halber mit A, die andere, die die Zeichen empfängt, mit B bezeichnet. A dreht die Elektrisier- oder Influenzmaschine oder drückt den Hebel des mit Induktor und Batterie verbundenen Tasters nieder. B schnippt sofort nach Beginn des Klingelns den Klopfer in Pausen von etwa $^1/_2$ bis 1 Sekunde fortgesetzt an, bis die Klingel verstummt. Hat A nur kurze Zeit Funken gegeben, etwa $^1/_2$—1 Sekunde lang, so wird nach 1—2maligem Klopfen die Klingel zur Ruhe kommen. Gibt A längere Zeit Funken, etwa 3—4 Sekunden lang, so kommt die Glocke erst nach 4, 6 oder 8maligem Klopfen zur Ruhe. Durch diese kürzeren oder längeren Zeichen läßt sich das Morsealphabet herstellen; B hat nur nötig, jedesmal, wenn die Glocke nach 1—2maligem Klopfen verstummt, einen Punkt, wenn sie erst nach 4—8maligem Klopfen verstummt, einen Strich zu notieren. Nach jedem Buchstaben wird eine Pause gemacht, nach einem Worte eine etwas längere. Schon nach einiger Übung wird es gelingen, Buchstaben und Worte sicher zu übertragen."*)

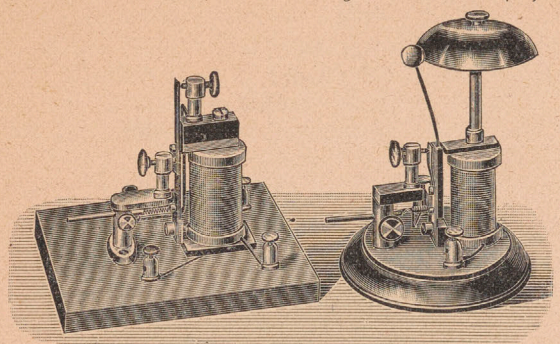
Anwendung eines Relais. Wie schon früher bemerkt, darf der Fritter nur in einen schwachen Stromkreis eingeschaltet werden, um ein Verschmelzen der Metallteilchen zu verhindern. Ein solcher Strom ist dann aber nicht imstande, namentlich wenn die Wellen aus größerer Entfernung kommen und die Verfrittung der Metallteilchen nur eine geringe ist, noch das Läutewerk der Klingel oder gar einen Schreibtelegraphen zur Wirkung zu bringen. Es ist deshalb ein Apparat nötig, der, schon durch eine schwache Einwirkung angeregt, einen zweiten Stromkreis schließt, in dem die Klingel oder der Schreibtelegraph eingeschaltet ist. Einen solchen Apparat nennt man ein Relais (Vorspann). In Figur 7 ist die Abbildung eines solchen gegeben, und Figur 8 zeigt seine Verbindung mit einer Klingel.

Ein Relais ist ein mit vielen Drahtwindungen umwickelter Elektromagnet, vor dessen Polen ein leicht beweglicher Anker schwebt. Dieser braucht nur eine ganz geringe Bewegung zu machen, um auf die Schraubenspitze d in Figur 8 zu drücken und einen besonderen Strom zu schließen,

---

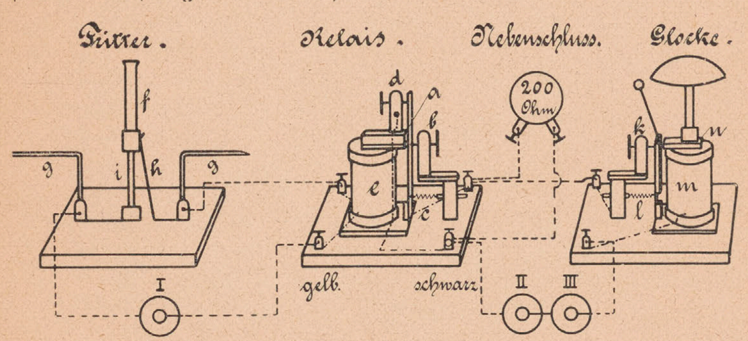
*) Meiser u. Mertig, Dresden-N. 6, Anleitung zu Versuchen über drahtlose Telegraphie. (Diese Schrift wird von der Firma gratis versandt.)

der durch Element II und III angedeutet ist und von da nach der Glocke und von dieser wieder zur Batterie führt. „Da



Figur 7.

aber schon unter I der Unterbrechungsfunke der Klingel, auch der am Fritter entstehende Funke auf den Fritter einwirkt, schaltet man parallel zu der Funkenstrecke des Relais einen bifilar (man wickelt einen Draht bifilar, wenn man ihn in der Mitte umbiegt und so aufwindet, daß die beiden Hälften immer nebeneinander liegen) gewickelten Widerstand von 200 Ohm ein, durch den die schädlichen Einwirkungen des Relaisfunkens beseitigt werden."*)

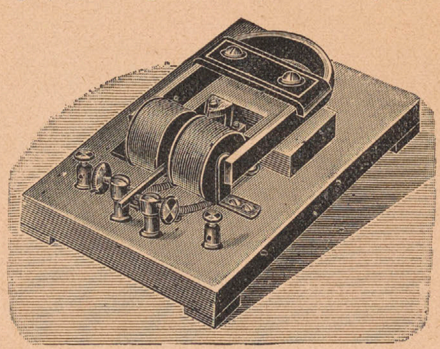


Figur 8.

Das Relais ist beim Telegraphieren der empfindlichste Apparat; er muß sowohl auf einen schwachen, als auch auf einen starken Strom ansprechen; der Anker muß auch in demselben Augenblick losgelassen werden, in dem der Strom aufhört. Das alles soll in dem Relais Figur 8 die Feder c bewerkstelligen. Da aber die Feder immer die gleiche Spannung hat, so ist ein sorgfältiges Arbeiten mit diesem Relais

*) Meiser u. Mertig, a. a. O. S. 10.

nicht gut möglich. Diesen Mangel haben Siemens u. Halske dadurch beseitigt, daß sie durch den Strom nicht erst einen Magneten erregen, sondern durch ihn nur schon vorhandene Magnetpole verstärken und schwächen lassen. Das nach diesem Grundsatz gebaute Relais nennt man polarisiertes Relais. In Figur 9 ist ein solches abgebildet. Zwischen den Polen eines Hufeisenmagneten befinden sich zwei umwickelte

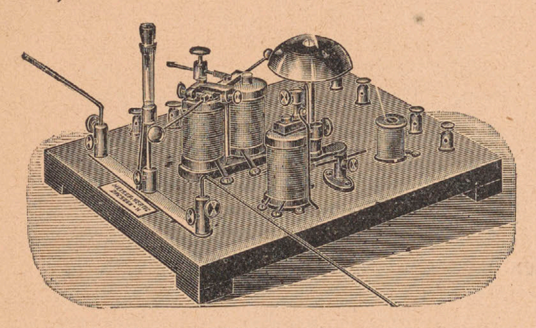


Figur 9.

Spulen auf Kernen von weichem Eisen und zwischen ihnen ein Stab aus weichem Eisen, der sich um seine senkrechte Achse etwas drehen läßt. Der Hebel befindet sich im Gleichgewicht, wenn kein Strom durch die Drahtwindungen fließt. Die Drahtspulen sind so miteinander verbunden, daß der durch sie fließende Strom an beiden Enden gleichartigen Magnetismus erzeugt. Dadurch wird der Magnetismus in dem Kern der einen Spule verstärkt, in dem der anderen abgeschwächt, der Hebel von jener mehr angezogen und schließt mit seiner Spitze den zweiten Stromkreis. Hört der Strom auf zu fließen, so wird in den Induktionsspulen ein umgekehrter Strom erzeugt, und dieser stärkt den vorhin geschwächten und schwächt den vorhin verstärkten Pol. Dadurch wird der Hebel abgezogen und der zweite Stromkreis geöffnet.

In den zweiten Stromkreis kann ein Elektromagnet eingeschaltet werden, der mit einem an seinem Anker befestigten Klöppel gegen den Fritter schlägt und den Strom sofort wieder unterbricht. Wir haben dann einen selbsttätigen Klopfer. Die Figur 10 zeigt einen solchen Klopfer, der gleichzeitig mit einem Klöppel am andern Ende das Läutewerk in Bewegung setzt. Haben wir einen Funkeninduktor, so können wir nun tadellos telegraphieren. Ein längeres oder kürzeres Niederdrücken des Stromschlüssels bewirkt ein längeres oder kürzeres Ertönen der Glocke. Bringen wir

einen Schreibtelegraphen in den durch das Relais geschlossenen Stromkreis, so können wir mit seiner Hilfe die Zeichen der Morseschrift, die aus längeren und kürzeren Strichen bestehen, auf dem Papierstreifen hervorbringen. Der Anker des Morseschreibers ist nicht so leicht beweglich wie der Klopfer des Fritters oder der Klöppel der Klingel. Er bleibt auch in den kurzen Pausen zwischen den Wellenzügen gegen den Papierstreifen gedrückt und schreibt bei langem Niederdrücken des Sendetasters einen langen, bei kurzem Niederdrücken einen kurzen Strich.



Figur 10.

Antennen. Mit den hier beschriebenen Apparaten kann man wohl unter günstigen Umständen auf 100 m Entfernung Zeichen geben, was aber für die praktische Verwendung ungenügend wäre. Um die Wirkung zu erhöhen, brachte schon Markoni an die Kugeln des Senders Drähte an. Während er den einen 20—50 m an einem Maste in die Höhe leitete, wurde der andere zur Erde abgeleitet. Ebenso brachte er an dem Kohärer zwei Drähte auf gleiche Weise an. Dadurch vergrößerte sich die Entfernung, auf die man telegraphieren konnte, gleich um viele Kilometer. Denn nicht nur im Äther zwischen den Luftatomen, sondern auch im Äther zwischen den Atomen, welche die Kupferleitung bis zur Funkenstrecke bilden, werden elektrische Wellen erzeugt. Man braucht also nicht die Funken als Geber wirken zu lassen, sondern kann durch einen Draht ein größeres Stück des Erdkugelsegmentes überwellen, wie man z. B. Licht auf einem Leuchtturme anbringt. So fand man, daß bei Versuchen zwischen der Küste und einem Schiffe die erreichbare Entfernung das 300fache, bei Landversuchen das 70fache der Länge der Drähte betrug. Diese Drähte heißen *Antennen*. (Antennen heißen in der Zoologie die Fühler, Tastorgane der Insekten.) Auch nennt man den einen Draht den *Sendedraht*, den der andern Station den *Empfängerdraht*.

Die Antennenhöhe bestimmt aber auch die Wellenlänge der Schwingung. Je höher man die Antennen macht, desto größer wird die Wellenlänge, desto langsamer schwingt das System. „Nun hat sich aber gezeigt, daß lange, langsam schwingende Wellen von Hindernissen wie Berge, Häuser und dergl. weniger beeinflußt und geschwächt werden als kurze, schnell schwingende, und daß sie leicht um sie herumgehen und gebeugt werden. Daher erreicht man mit ihnen größere Entfernungen als mit kurzen. Dabei ist natürlich vorausgesetzt, daß die Stärke der Wellen in beiden Fällen dieselbe sei. Wenn man kurze Wellen von großer Stärke anwendet, so kann man sogar mit ihnen auf größere Entfernungen telegraphieren. Der Verwendung großer Wellenlängen ist freilich eine Grenze gezogen, da man die Antennen aus praktischen Gründen nicht über ein gewisses Maß steigern kann. Die gebräuchlichen Wellenlängen liegen zwischen 100 und 1000 m, Stationen mit großer Reichweite arbeiten mit solcher bis 2000 m; diesen entspricht eine Antennenlänge von 25—250 m. Drähte und Masten von diesen Höhen lassen sich nur schwer und mit großen Kosten errichten. Daher führt man für so lange Wellen entweder die Antennen nicht in ihrer ganzen Länge senkrecht empor, oder man nimmt überhaupt nicht mehr einen einfachen Draht, sondern ein netzförmiges System von Drähten."*) Die Station Nauen hat ein schirmförmiges Sendernetz, das zugleich, indem man die Sendeapparate ab- und die Empfangsapparate einschaltet, als Empfangsnetz dient und eine Fläche von etwa 60000 qm, d. h. einen Kreis von 250 m Durchmesser überdeckt. Seine Spitze wird durch einen eisernen 100 m hohen Turm getragen. In das Erdreich sind strahlenförmig 108, sich auf 324 verzweigende, 200 m lange Drähte eingepflügt, die die Leistungsfähigkeit des Erdreiches zu erhöhen bestimmt sind. Von Nauen sind über Land bis nach Petersburg (1360 km weit) Telegramme gegeben worden. Es ist sogar gelungen, Schiffen auf dem Atlantischen Ozean 2500 km weit Nachrichten zu geben. Nach einer Zeitungsmeldung vom 7. Januar 1908 (Dresdner Anzeiger) erhielt der Dampfer Kap Blanko der Hamburger-Südamerika-Linie, der seit seiner Ausreise von Hamburg nach Buenos Aires täglich telegraphische Nachrichten aus Nauen erhielt, seine letzte Nachricht in Santa Cruz (Teneriffa), nachdem der Dampfer acht Tagereisen von Hamburg entfernt war. Die Entfernung bis Teneriffa beträgt ungefähr 3700 km, das ist eine größere Entfernung, als die Markonistationen bei ihren Versuchen über den Ozean erreicht haben. Gleich-

*) Kalähne a. a. O. S. 188.

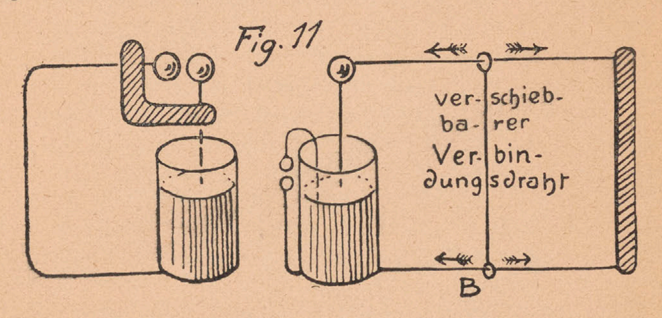
zeitig wurden die Nauener Telegramme von einer kleinen fahrbaren Militärstation in Korneuburg bei Wien aufgenommen.

Theoretisch pflanzen sich die langen elektromagnetischen Schwingungen nur geradlinig fort, doch schwingen sie unter Umständen auch in einer gebogenen Linie, indem sie sich der Erdkrümmung anpassen. Daß die Erde einen Einfluß auf die Wellen ausübt, ergibt die Tatsache, daß man über das Meer weitere Entfernungen erreicht als über trockenes Land (Felsen, Wüsten). Die Wellen, die nur in der Luft bestehen, gleiten am Erdboden dahin und dringen nicht durch den Erdboden oder das Meerwasser hindurch. Andernfalls könnte man doch nicht über große Strecken telegraphieren, da die Erde infolge ihrer Kugelgestalt auch auf Flachland und Ozean riesenhohe Berge zwischen den weit entfernten Stationen bildet. Der Gesichtskreis, den man von einem 1000 m über der Erdoberfläche befindlichen Standpunkt übersieht, hat nur einen Radius von 100 km Länge. Solche Höhen stehen nur im Gebirge zur Verfügung. Sogar Gebirgsketten werden schon auf verhältnismäßig kurze Strecken übersprungen. Die einen sagen, die Erdatmosphäre bilde bestimmte Schichten, denen die Wellen sich anschmiegen, die andern, Erdmagnetismus oder Elektrizität beeinflussen die Geradlinigkeit; doch die Wahrheit dürfte darin liegen, daß die Luftschichten Media sind, die die Wellen brechen, wie denn auch ein Lichtstrahl im Wasser gebrochen wird. Ein besseres Beispiel: Man kann Licht durch eine stark gebogene, lange Röhre nicht sehen, wohl aber, wenn sie mit Paraffin gefüllt ist, das auf Lichtwellen anscheinend ebenso wirkt, wie Luft auf die elektrischen Wellen.

Resonanz. Selbst mit Hilfe hoher Antennen konnte Markoni eine Entfernung von 30 km zunächst nicht überbrücken. Erst Professor B r a u n in Straßburg ermöglichte durch Einführung der R e s o n a n z das Telegraphieren auf beliebige Entfernungen. So wie wir von einer angeschlagenen Stimmgabel, die wir in der Hand halten, so gut wie gar keinen Ton wahrnehmen, trotzdem wir die Bewegung der Zinken sehen, weil sie in jedem Moment gegeneinander schwingen und die Wirkung aufheben, so verhält es sich mit den elektrischen Schwingungen. Für jeden Punkt gibt es einen gleichgelegenen Punkt, durch den die gleiche Elektrizitätsmenge zu gleicher Zeit in entgegengesetzter Richtung strömt. Eine Wirkung nach außen kann nicht stattfinden. Die Stimmgabel ertönt sofort, wenn wir sie auf eine beliebige Unterlage aufsetzen; den stärksten Ton erhalten wir, wenn die Unterlage den gleichen Eigenton hat wie die Stimmgabel.

Klarer wird die Erläuterung durch folgende Beispiele: Eine angeschlagene Stimmgabel halten wir über einen Zylinder einer Gaslampe. Die in ihm enthaltene Luftsäule tönt nur schwach oder gar nicht mit. Stecken wir das untere Ende des Zylinders in einen gefüllten Wasserkrug, so wird die Luftsäule kürzer und der Ton wird stärker. Der Ton wird am stärksten sein, sobald die Luftsäule die Schwingungszahl der Stimmgabel hat, ihr Eigenton also mit dem der Stimmgabel übereinstimmt. Durch weiteres Senken des Zylinders in das Wasser wird der Eigenton der Luftsäule zu hoch und die Resonanz hört auf. — Schlagen wir von zwei Stimmgabeln mit gleicher Schwingungszahl, die auf Resonanzböden stehen, eine an, so ertönt auch die zweite. Verstimmt man die eine Stimmgabel durch Aufkleben einer Wachskugel, so hört die Resonanz auf.

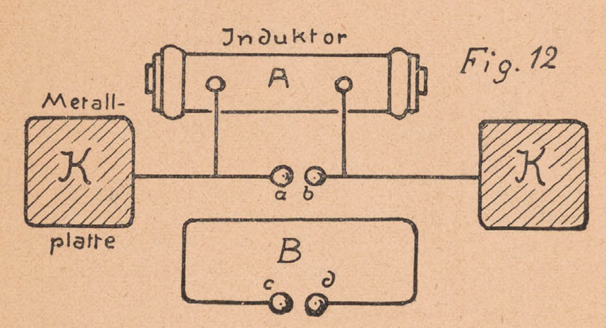
Diese Eigenschaft der Resonanz ist nicht an den Schall gebunden, sondern sie hängt mit der Wellennatur des Schalls zusammen. Wir müssen also auch bei den elektrischen Schwingungen, die ebenfalls Wellen sind, Resonanz erzeugen können.



In Figur 11 sehen wir zwei Leidener Flaschen dicht nebeneinanderstehen. Die äußere Belegung der einen (A) ist mit zweimal gebogenem elastischen Drahte verbunden. An seinem Ende trägt er eine Kugel, die der des zur inneren Belegung führenden Drahtes gegenübersteht. Die zweite Flasche (B) trägt an ihrer äußeren und inneren Belegung je einen langen wagerechten Draht von gleicher Stärke wie bei der Flasche A. Beide Drähte sind an einen Hartgummistab befestigt. Auf den oberen Draht ist ein verschiebbarer Draht gehängt, der den unteren berührt. Ganz nahe der Flasche A ist noch eine Funkenstrecke, die sich auf einen ganz kurzen Zwischenraum zusammenbiegen läßt. Wird die Flasche A mit Elektrizität geladen und springen zwischen ihren Kugeln Funken über, so springen zwischen der kleinen Funkenstrecke B kleine Funken über, sobald man durch Schieben des Verbindungsdrahtes

sie in den Zustand der Resonanz gebracht hat. Durch Verschieben des Drahtes stören wir die Resonanz und die Funkenbildung hört auf. (Nach Partheil, Drahtlose Telegraphie.)

Koppelung. Neben der Resonanz spielt auch die Koppelung bei der drahtlosen Telegraphie eine wichtige Rolle. Ein Beispiel aus der Mechanik soll uns diesen Begriff erläutern. In einem Gestell ist ein elastischer Draht ausgespannt. Auf diesen sind zwei lange Pendel so geschoben, daß der Draht durch ein Loch am oberen Ende der Pendelstange geführt ist. Die Scheiben der Pendel sind gleich schwer. Versetzt man das eine Pendel in Schwingungen, so fängt nach und nach das zweite Pendel ebenfalls zu schwingen an. In demselben Maße, wie die Schwingungen des zweiten Pendels zunehmen, nehmen die Schwingungen des ersten ab. Versieht man die Pendel mit zwei ungleich schweren Scheiben, so ist der Ausschlag des leichteren Pendels größer als der des schwereren. Diese beiden Pendel sind gekoppelt. — Die Figur 12 erläutert die elektrische Koppelung und mit dem



darunter angefügten Stromkreis B zugleich die Resonanz. Mit der Funkenstrecke des Induktors A sind angesetzte Metallplatten (Kapazitäten) verbunden. Der Apparat heißt „Hertzscher Oszillator". Wird der Induktor in Betrieb gesetzt, so laden sich die Platten mit entgegengesetzter Elektrizität, und infolge des Spannungsunterschiedes erscheint ein Funke, durch den das System in Schwingungen versetzt wird. Die Elektrizität pendelt zwischen beiden Platten hin und her und ladet sie hierbei abwechselnd in entgegengesetzter Weise. Die Platten sind mit der Funkenstrecke d i r e k t gekoppelt. Stellt man den Platten zwei andere gleich große gegenüber, so werden diese und die von ihnen ausgehenden Drähte in Schwingungen versetzt. Sie sind i n d i r e k t gekoppelt.

Bringen wir in die Nähe des Stromkreises A einen zweiten, durch das Drahtviereck B gebildet, der durch eine kleine verschiebbare Funkenstrecke unterbrochen ist, so springen zwischen c d kleine Fünkchen über, sobald zwischen a b Entladungen erfolgen. Die elektrischen Schwingungen in A (die primären) erzeugen solche in B (sekundäre).

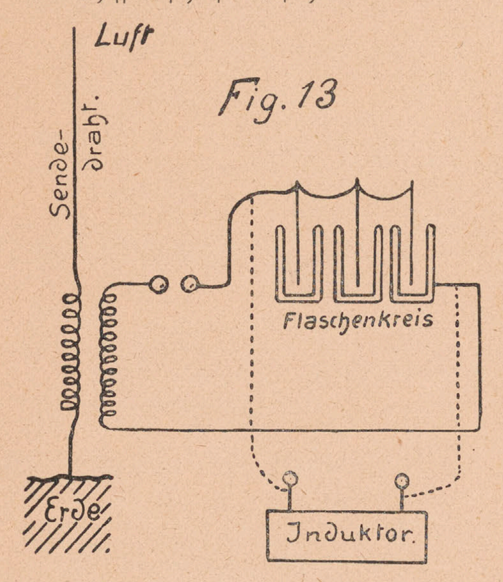
Man kann diese sekundären Schwingungen kräftiger machen, wenn man den Drahtkreis B auf die primäre Schwingung abstimmt, also indem man Resonanz erzielt. Man kann die Abstimmung erreichen, wenn man die Platten (Kapazitäten) K K verändert, sie größer oder kleiner macht, oder man kann auch an das Drahtviereck B Stanniolstreifen anhängen oder auch hier den Draht spiralförmig winden.

Durch geeignete Koppelung wird auch die Funkenstrecke beeinflußt. Denn verlängert man diese unter Erhöhung der Entladespannung, so zeigte sich an Stelle des Funkens ein Lichtbogen und die gewünschte Energieausstrahlung blieb aus und wurde stark verringert. Dieser Übelstand wurde durch Einführung der Resonanz beseitigt, d. h. der primäre Wechselstrom des Induktors wurde so eingerichtet, daß er mit dessen sekundärer Spirale, die mit dem Luftdrahte verbunden ist, gleiche Eigenschwingungen hat. Nun war eine bedeutende Steigerung der zur Verwendung gelangenden primären Energie möglich, ohne daß die Funkenstrecke Lichtbogenbildung zeigte.

Braun gelang es, durch Einfügung eines Kondensatorkreises zwischen Funkeninduktor und Luftdraht die ausgestrahlte Energie zu vergrößern. Der Induktor ist mit den inneren Belegungen einer Batterie Leidener Flaschen verbunden; zwischen der Leitung, die die äußeren Belegungen verbindet, ist eine Drahtspirale eingeschaltet, die sich mit der Batterie im Zustande der Resonanz befindet. Mit ihr steht entweder der Luftdraht und der Erddraht direkt in Verbindung (direkte Koppelung) oder aber diese sind mit einer gesonderten Drahtspirale verbunden, die die primäre umgibt (indirekte Koppelung). In Nauen werden die 360 mannshohen Leidener Flaschen durch eine Dynamomaschine von 24000 Watt Leistung (24 KW) gespeist. Die 12 mm langen Funken springen mit donnerähnlichem Krachen über und erschüttern das ganze Haus.

Figur 13 zeigt einen Sender mit indirekter Koppelung in einfachster Gestalt. Die durch diesen Sender hinausgesendeten elektrischen Wellen setzen nur solche Apparate in Tätigkeit, die mit ihnen ein gleiches Schwingungsverhältnis haben, die auf sie abgestimmt sind, sich mit ihnen in Reso-

nanz befinden. Der Empfangsapparat ist ähnlich wie der Sender gebaut. Durch Vermehrung oder Verminderung der Drahtwindungen kann man die Wellenlänge verändern. Eine so scharfe Abstimmung der elektrischen Wellen wie bei der Akustik ist freilich nicht möglich, so daß auch noch heut die Depeschen einer Funkenstation leicht von unberufener Seite aufgefangen werden können. Wenn man auch dort die Wellenlänge und Schwingungszahl der Welle gar nicht kennt, so kann man so lange die Schwingungszahl des Empfangsapparates verändern, bis sie mit ihnen annähernd übereinstimmen. Insofern ist nicht daran zu denken, daß je die gewöhnliche Telegraphie ganz durch die Funkentelegraphie verdrängt werden wird; man müßte denn auch für geheime Depeschen eine Chiffrenschrift einführen.



Wirtschaftliche Bedeutung der drahtlosen Telegraphie. Der Wegfall des teuren Drahtes, ganz besonders der teuren Seekabel, ist nicht bloß in finanzieller Beziehung ein Vorzug der drahtlosen Telegraphie. Ein größerer Vorzug besteht darin, daß die Sende- und Empfangsstation nicht an eine bestimmte Lage gebunden sind. Der auf dem Dampfschiff reisende Kaufmann kann mit ihrer Hilfe den Stand der Geschäfte und die Börsenlage erfahren, kann rechtzeitig seine Entschließungen fassen, kann Anordnungen treffen und ist nicht von der Verbindung mit der Welt abgeschlossen. Es gibt selbsttätige elektrische Feuermelder, die drahtlos nach

der Feuerwache den Brand melden. Im Kriege zwischen Rußland und Japan ist zum ersten Male die drahtlose Telegraphie zur Zeitungsberichterstattung verwendet worden; im südwestafrikanischen Kriege verständigten sich die einzelnen Truppenteile mittels drahtloser Telegraphie. Die Station Nauen beherrscht das ganze Deutsche Reich. Ein im Felde stehender Truppenteil kann jederzeit, falls er nur eine drahtlose Station in der Nähe hat, von Nauen aus mit Befehlen versehen werden. Kriegsschiffe können untereinander und mit dem Festlande in Verbindung bleiben. Fahrende Eisenbahnzüge können Meldungen, Warnungen von der Station empfangen; der Eisenbahndienst gewinnt an Sicherheit.

Quellenwerke. Für eingehendes Studium kann ich folgende Werke empfehlen:

Braun, Drahtlose Telegraphie durch Wasser und Luft. Leipzig, Veit & Co., 2 M.

Graetz, Die Elektrizität und ihre Anwendungen. Stuttgart, Engelhorn, geb. 8 M.

Kalähne, Die neueren Forschungen auf dem Gebiete der Elektrizität, 1908. Leipzig, Quelle & Meyer, geb. 5,20 M.

Partheil, Die drahtlose Telegraphie und Telephonie. Berlin, Gerdes & Hödel, geb. 6,50 M.

Partheil, Das Prinzip der Resonanz in der drahtlosen Nachrichtübertragung. Blätter für Fortbildung der Lehrer. Jahrg. 1, Heft 1 u. 2. Ebenda, je 0,50 M.

Righi, Telegraphie ohne Draht. Braunschweig, Vieweg & Sohn, geb. 16,50 M.

Slaby, Die neuesten Fortschritte auf dem Gebiete der Funkentelegraphie. Berlin, Jul. Springer.

Zusammenstellung der einfachsten Apparate zur Vorführung des des Prinzips der drahtlose Telegraphie aus den Werkstätten von Meiser & Mertig, Dresden-N.

Fritter, Fig. 3: 5,00 M., Sender, Fig. 5: 4,25 M., elektr. Klingel, Fig. 8: 5,50 M., Trockenelement 1,75 M., zus. 16,50 M.

Mit dieser Zusammenstellung und einer Elektrisiermaschine können einfache Glockenzeichen ohne jede Drahtleitung bis auf 8—10 m Entfernung auch durch verschlossene Türen und Mauern hindurch gegeben werden. Mit Hilfe eines Relais Fig. 7: 7,50 M., eines Funkeninduktors: 13 M. und einer Empfangsstation Fig. 10: 32,50 M. können bei einiger Einübung hörbare Morsezeichen gegeben werden.



Druck von F. W. Jungfer, Breslau.

Die Naturkunde in der Volksschule
(Naturgeschichte, Physik und Chemie).

Mit zahlreichen Lehrproben und Lektionsentwürfen.

Zur Fortbildung des Lehrers im Amte und zur Vorbereitung auf die Prüfungen
bearbeitet von **E. Richter**, Königl. Seminarlehrer.

192 Seiten. Geheftet 1,80 M., geb. 2 M.

„Das Werk behandelt zunächst den Unterricht in der Naturgeschichte. Die Theorie desselben umfaßt 1. Geschichtliches (die neueren methodischen Bestrebungen sind eingehend gewürdigt), 2. Zweck und Ziel des naturgeschichtlichen Unterrichts, 3. Auswahl des Stoffes, 4. die Verteilung des Stoffes, 5. Regeln für die methodische Behandlung des Stoffes, 6. Stoffverteilungspläne, 7. Lehr- und Lernmittel. Ähnlich wird auch die Theorie der Physik und Chemie behandelt. 30 Lehrproben der verschiedensten Art illustrieren die methodischen Grundsätze. Das tüchtige Werk verdient besonders von jenen eifrig benutzt zu werden, welche sich fortbilden oder auf eine Prüfung vorbereiten wollen." („Archiv f. d. Schulpraxis.")

„. . . Allen Lehrern und Lehrerinnen, von denen man ja verlangt, daß sie in keiner Disziplin rückständig bleiben, besonders aber den jüngeren, die noch vor dem Staatsexamen stehen, sei dieses Werk zum Studium bestens empfohlen." („Hessische Schulblätter.")

Naturlehre (Physik und Chemie)
für die Oberstufe mehrklassiger Schulen.

In anschaulich-ausführlicher Darstellung bearbeitet von
E. Richter, Königl. Seminarlehrer.

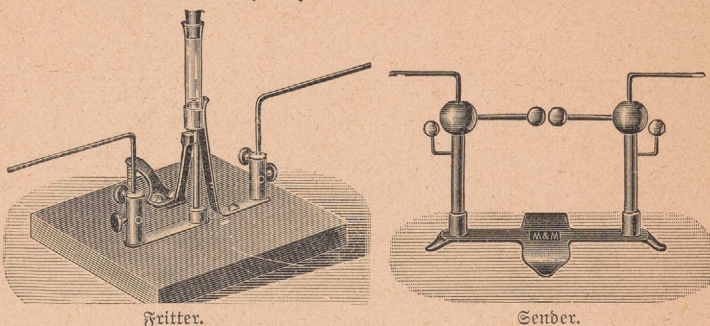
Neunte, erweiterte Auflage. 56 Seiten. 25 Pf.

Naturgeschichtliche Bilder
für die Oberstufe mehrklassiger Schulen.

In anschaulich-ausführlicher Darstellung bearbeitet von
E. Richter, Königl. Seminarlehrer.

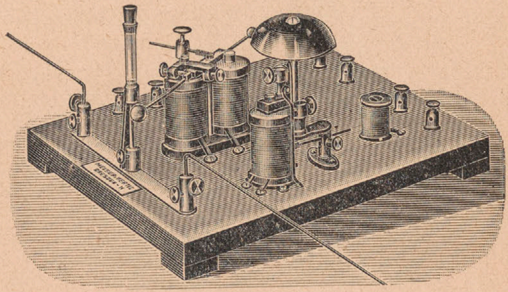
Zehnte, neubearbeitete Auflage. 112 Seiten. 40 Pf., geb. 55 Pf.

„Ein prächtiges Büchlein für die Hand der Schüler mehrklassiger Volksschulen! Es enthält 56 Bilder aus der Tierwelt, 42 Bilder aus dem Pflanzenreich und 14 Bilder aus dem Reich der Mineralien und Felsarten. Die Auswahl ist recht passend. Nicht trockene Beschreibungen über Bau und Aussehen der Naturkörper bietet das Werkchen, sondern es führt ein in das Leben und Weben der Tiere und Pflanzen, zeigt die Bedeutung der Mineralien für Natur- und Menschenleben. In allen seinen Teilen liefert das Buch herrlichen Stoff für einfache und erweiterte Aufsatzübungen. Die Ausstattung ist gut, der Preis von 40 Pf. für 112 Seiten äußerst gering. Referent kann das Werk mit gutem Gewissen empfehlen." („Schulblatt für Hessen-Nassau.")



Fritter. Sender.





Empfangsstation.